

Analisis Pengaruh Pemasangan *Fusesaver* Terhadap Keandalan Penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan

Muhammad Chairul Iman Rani¹, Suratno², H. M. Syahrir Djalil³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
mchairulimanrani@gmail.com

Abstrak- Sistem distribusi merupakan sistem penyalur tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan. Dalam penyaluran energi listrik tidak menutup kemungkinan terjadinya gangguan yang akan mempengaruhi keandalan suatu sistem distribusi. Untuk menunjang keandalan penyulang J4 maka dipasang alat pengaman *fusesaver*. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data rekap gangguan penyulang J4 sebelum dan sesudah pemasangan *fusesaver*. Data dianalisis dengan membandingkan nilai SAIFI dan nilai SAIDI sebelum dan sesudah pemasangan *fusesaver*. Hasil menunjukkan bahwa sebelum pemasangan *fusesaver* pelanggan penyulang J4 mengalami pemadaman sebesar 5.597478329 (kali/tahun) dan lama padam sebesar 10.50693617 (jam/tahun) dan setelah pemasangan *fusesaver* pelanggan penyulang J4 mengalami pemadaman sebesar 2.444891945 (kali/tahun) dan lama padam sebesar 3.001103471 (jam/tahun). Dari hasil analisis pengaruh pemasangan *fusesaver* terhadap penyulang J4 dapat meningkatkan presentase keandalan nilai SAIDI sebesar 71,44% pertahun dan nilai SAIFI sebesar 56,32% pertahun. Pemasangan *fusesaver* dapat berpengaruh terhadap keandalan pada penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan dengan meningkatkan presentase keandalan nilai SAIDI dan nilai SAIFI.

Kata kunci: *Fusesaver*, indeks keandalan, SAIDI, SAIFI, sistem distribusi.

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan sistem penyalur tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan. Dalam penyaluran energi listrik ke pelanggan tidak menutup kemungkinan terjadinya gangguan – gangguan yang disebabkan oleh faktor internal dan eksternal akan mempengaruhi keandalan suatu sistem distribusi.

Keandalan sistem tenaga listrik dapat dilihat dari berapa banyak sistem mengalami gangguan dan seberapa sering gangguan terjadi dalam satu satuan waktu. Indeks keandalan pada dasarnya adalah suatu angka atau parameter yang menunjukkan tingkat pelayanan atau tingkat keandalan dari suplai tenaga listrik sampai ke pelanggan.

Dalam meningkatkan keandalan terhadap jaringan distribusi, PT PLN terus berupaya melakukan analisis mengenai peralatan – peralatan pengaman pada sistem distribusi. Perkembangan teknologi yang semakin pesat pada era globalisasi memberikan pengaruh positif bagi kemajuan di berbagai aspek bidang, sehingga mengakibatkan munculnya inovasi mengenai peralatan pengaman terbaru yang dapat menunjang keandalan pada sistem jaringan distribusi 20 kV.

Peralatan pengaman tersebut seperti *fusesaver*, *recloser*, *fault indicator* dan *load break switch*.

Salah satu inovasi peralatan pengaman terbaru yang menunjang keandalan adalah *fusesaver*. Di Kalimantan timur, *fusesaver* pertama kali dipasang pada penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan. Pada penyulang J4 *fusesaver* digunakan sebagai pengganti *load break switch* yang dianggap kurang maksimal dalam meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi saat terjadi gangguan. Penggunaan *fusesaver* diharapkan dapat mengurangi jumlah frekuensi pelanggan padam dan durasi padam saat terjadi gangguan pada sistem distribusi.

Berdasarkan uraian latar belakang dan permasalahan tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Analisis Pengaruh Pemasangan *Fusesaver* Terhadap Keandalan Penyulang J.4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan” era globalisasi memberikan pengaruh positif bagi kemajuan di berbagai aspek bidang, sehingga mengakibatkan munculnya inovasi mengenai peralatan pengaman terbaru yang dapat menunjang keandalan pada sistem jaringan distribusi 20 kV. Peralatan pengaman tersebut seperti *fusesaver*, *recloser*, *fault indicator* dan *load break switch*.

Salah satu inovasi peralatan pengaman terbaru yang menunjang keandalan adalah *fusesaver*. Di Kalimantan timur, *fusesaver* pertama kali dipasang pada penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan. Pada penyulang J4 *fusesaver* digunakan sebagai pengganti *load break switch* yang dianggap kurang maksimal dalam meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi saat terjadi gangguan. Penggunaan *fusesaver* diharapkan dapat mengurangi jumlah frekuensi pelanggan padam dan durasi padam saat terjadi gangguan pada sistem distribusi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

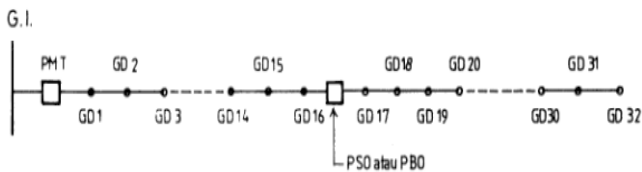
A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik, sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*buck power source*) sampai ke konsumen. Sistem jaringan distribusi dibagi 2 yaitu primer dan sekunder. Pada sistem jaringan distribusi primer saluran yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik pada masing-masing beban disebut penyulang. Pada sistem penyaluran dibedakan menjadi 3 yaitu [1]: SUTM, SUKTM dan SKTM. Jaringan distribusi sekunder merupakan bagian dari

jaringan distribusi primer dimana jaringan ini berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada jaringan distribusi sekunder, sistem tegangan distribusi primer 20 kV diturunkan menjadi sistem tegangan rendah 380/220 Volt.

B. Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi Primer 20 kV

Sistem jaringan distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer. [Gambar 1](#) menunjukkan contoh system jaringan distribusi primer.



Gambar 1. Contoh sistem jaringan distribusi primer [2]

C. Gangguan Pada Jaringan Distribusi

Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal [3]. Jenis gangguan dibedakan menjadi 2: yaitu temporer dan permanen [4]. Gangguan yang bersifat temporer ini apabila terjadi gangguan, maka gangguan tersebut tidak akan lama dan dapat normal kembali sedangkan Gangguan permanen tidak akan dapat hilang sebelum penyebab gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Penyebab gangguan berasal dari luar sistem disebabkan oleh sentuhan ranting atau pohon pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain, sedangkan gangguan yang datang dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan dan kerusakan dari peralatan pemutus beban.

D. Sistem Proteksi

Sistem proteksi tenaga listrik adalah suatu sistem perlindungan atau pertahanan yang dipasang pada peralatan listrik pada suatu sistem tenaga listrik yang berguna untuk mengantisipasi adanya gangguan dan kondisi abnormal lainnya yang disebabkan oleh faktor internal dan eksternal dari sebuah sistem jaringan distribusi. Suatu sistem proteksi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut : sensitif, selektif, andal

Adapun tujuan utama dari sistem proteksi antara lain sebagai berikut [5]:

1. Mengurangi kerusakan pada peralatan yang terganggu dan peralatan yang berdekatan dengan titik gangguan.
2. Mengurangi gangguan meluas.
3. Meminimalisasi durasi gangguan.
4. Meminimalisasi bahaya pada manusia.
5. Memaksimalkan ketersediaan listrik untuk konsumen.

E. Recloser

Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri dari pemutus tenaga yang dilengkapi kotak control elektronik (*electronic control box*), yaitu suatu peralatan elektronik sebagai kelengkapan recloser dimana peralatan ini tidak berhubungan dengan tegangan menengah dan pada peralatan ini recloser dapat dikendalikan cara pelepasannya [6]. *Recloser* berfungsi memisahkan daerah atau jaringan yang terganggu sistemnya secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu pada gangguan sesaat [6].



Gambar 2. *Recloser* [6]

F. Fusesaver

Fusesaver merupakan peralatan *outdoor* yang digunakan untuk meningkatkan ketersediaan energi dan melindungi lelehnya *fuse link* akibat dari gangguan transien [7].



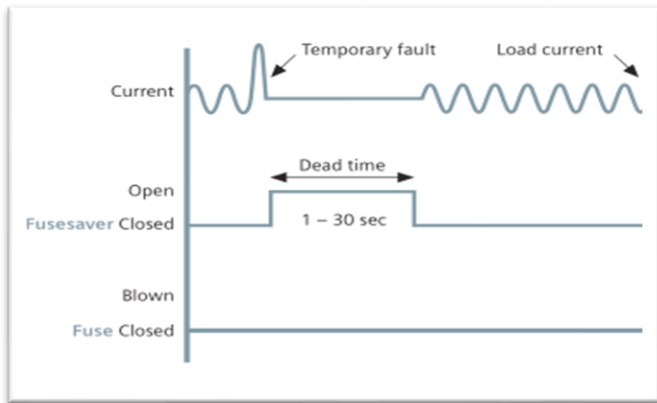
Gambar 3. *Fusesaver* [7]

Berikut ini adalah beberapa komponen *fusesaver*

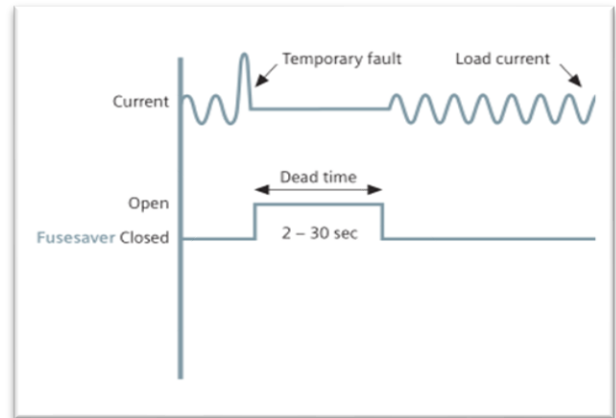
- a. *Line clamp assembly*
- b. *Bird guard*
- c. *Electronic module*
- d. *Vaccum interupter*
- e. *Power current transformer*
- f. *Magnetic actuator*
- g. *External lever*
- h. *Fault detector current transformer*

Fusesaver memiliki dua prinsip kerja dalam pengoperasiannya. Yang pertama *open close (O-C)*. OC merupakan konfigurasi pemasangan *fusesaver* saat jaringan tersebut telah dipasang *fuse cut out* sebelumnya. *Fusesaver* bekerja bersama dengan *fuse cut out* untuk meningkatkan keandalan jaringan dengan melindungi *fuse cut out* meleleh akibat gangguan transien. Dalam hal ini, *fuse cut out* menjadi alat proteksi utama yang beroperasi untuk melindungi line dari gangguan permanen dan *fusesaver* menjadi alat proteksi sekunder untuk melindungi *fuse cut out* dan line dari gangguan

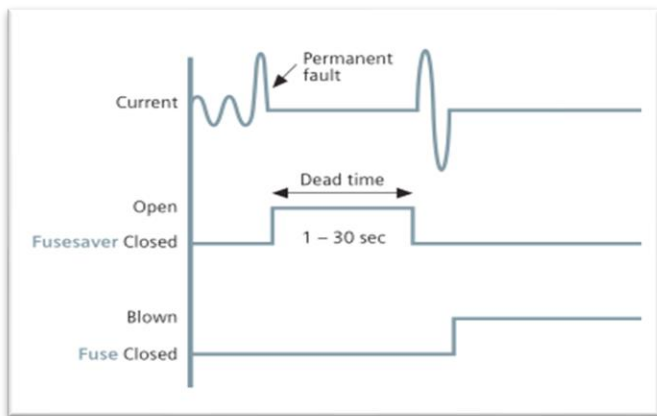
temporer. Urutan kerja *fusesaver* pada prinsip kerja *open-close* (O-C) dapat dilihat pada [Gambar 4](#).



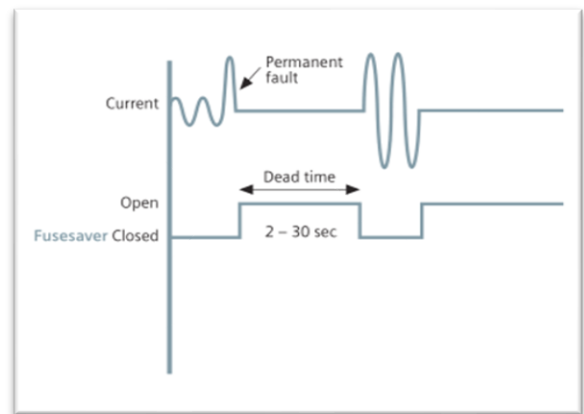
Gambar 4. Urutan operasi O-C *fusesaver* gangguan sementara [8]



Gambar 6. Urutan operasi O-C-O *fusesaver* gangguan sementara [8]



Gambar 5. Urutan operasi O-C *fusesaver* gangguan permanen [8]



Gambar 7. Urutan operasi O-C-O *fusesaver* gangguan permanen [8]

Prinsip kerja *fusesaver* yang kedua adalah *open-close-open* merupakan konfigurasi pemasangan *fusesaver* saat jaringan tersebut belum dipasang *fuse cut out* sebelumnya. Dalam hal ini, *fusesaver* menjadi proteksi utama pada jaringan. Saat tidak ada arus *line*, *fusesaver* akan dapat tetap bekerja karena *fusesaver* dapat mengisi dayanya dari baterai yang berasal dari modul komunikasi. *Dead time* merupakan jangka waktu yang dibutuhkan *fusesaver* untuk membuka (membersihkan arus gangguan) sebelum kembali menutup (*close*). Secara umum, semakin lama *dead time* maka semakin besar kemungkinan gangguan temporer dibersihkan secara keseluruhan. Urutan kerja *fusesaver* pada prinsip kerja *open-close-open* (O-C-O) dapat dilihat pada [Gambar 6](#) dan [Gambar 7](#).

G. Konsep Dasar Keandalan

Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas dari peralatan atau sistem untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu [9]. Terdapat lima faktor yang memegang peranan terhadap keandalan suatu sistem serta definisi keandalan dan mengandung lima istilah penting yaitu [9]: fungsi, probabilitas, kecukupan, periode waktu dan kondisi operasi.

H. Indeks Keandalan

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga. Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam kedalam keseluruhan capaian [10]. Beberapa faktor yang mempengaruhi indeks keandalan adalah pemadaman, keluar/*outgate*, lama keluar/*outgate* duration, lama pemadaman, jumlah total konsumen dan periode laporan. Indeks keandalan yang dipakai pada sistem distribusi dijelaskan dalam uraian berikut ini [9].

- 1). SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)
Bentuk matematisnya dapat dilihat pada persamaan (1) [11].

$$SAIDI = \frac{\sum \text{durasi gangguan} \times \text{jumlah pelanggan padam}}{\text{total pelanggan keseluruhan}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum r_i \times N_i}{N_T} \text{ (jam/tahun)} \quad (1)$$

Keterangan:

- r_i = Durasi pemadaman
- N_i = Jumlah pelanggan padam
- N_T = Jumlah total konsumen

- 2). SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)
Bentuk matematikanya dapat dilihat pada persamaan (2) [12].

$$SAIFI = \frac{\text{banyak gangguan} \times \text{jumlah pelanggan padam}}{\text{total pelanggan keseluruhan}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{N_T} \text{ (kali/tahun)} \quad (2)$$

Keterangan :

- λ_i = Angka kegagalan rata-rata atau frekuensi padam
- N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban
- N_T = Jumlah konsumen yang dilayani

I. *Standarisasi Indeks Keandalan*

Standar ini dimaksudkan untuk menjelaskan dan menetapkan tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Tujuannya ialah untuk memberikan pegangan yang terarah dalam menilai penampilan dan menentukan tingkat keandalan dari sistem distribusi. Standar keandalan nilai indeks keandalan nilai SAIDI dan nilai SAIFI berdasarkan SPLN 68-2: 1986 dan WCS (*world class service*)

TABEL 1.
STANDAR SPLN 68-2 1986 [13]

STANDAR	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (Jam/tahun)
SPLN 68-2: 1986	3.2	21
WCS	3	1.666

III. METODE PENELITIAN

A. *Lokasi Penelitian dan Waktu*

Lokasi penelitian untuk mendukung proses penyelesaian skripsi ini yaitu dilakukan pada bulan Februari 2020 sampai dengan bulan Juni 2020 yang berlokasi di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana dan Pengatur Distribusi (UP2D) Wilayah Kaltimra, Kalimantan Timur.

B. *Langkah Penelitian*

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1). Studi literature

Mencari dan mengkaji sumber yang relevan dan terpercaya sebagai acuan dan dasar teori pendukung dalam penulisan dan analisis yang dilakukan. Studi literatur difokuskan pada indeks keandalan sistem distribusi.

2). Observasi lapangan

Dibutuhkan untuk mengetahui kondisi nyata dari *fusesaver* yang dipasang pada penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan

3). Pengambilan data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data yang berkaitan dengan saluran 20 kV. Adapun data tersebut meliputi:

1. *Single line diagram* penyulang J4.
2. Data kapasitas trafo distribusi pada penyulang J4.
3. Data jumlah pelanggan setiap trafo distribusi pada penyulang J4.
4. Data rekap gangguan pada penyulang J4.
5. Jumlah durasi padam yang terjadi pada penyulang J4. tahun 2018 sebelum pemasangan *fusesaver* dan tahun 2019 setelah pemasangan *fusesaver*.

4). Perhitungan

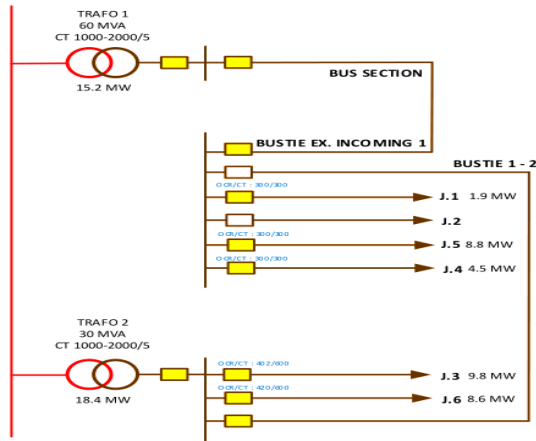
Untuk menghitung indeks keandalan, setelah data durasi (jam) dan data frekuensi (kali) dan jumlah pelanggan didapatkan dari PT PLN (Persero) UP2D Kaltimra, kemudian menghitung indeks keandalan setiap bulannya dengan rumus yang sudah ditentukan. Dari hasil perbulan kemudian jumlahkan dan dibagi duabelas untuk mengetahui indeks keandalan dalam satu tahunnya.

5). Analisa

Setelah mendapatkan indeks keandalan berupa nilai SAIDI dan SAIFI dari sebelum dan sesudah pemasangan alat *fusesaver*, kemudian membandingkan hasil tersebut dengan SPLN 68-2: 1986 dan standar *world class service*. Kemudian menganalisis pengaruh sebelum dan sesudah pemasangan *fusesaver* terhadap durasi gangguan dan frekuensi gangguan yang terjadi di penyulang J4 Gardu induk Karang Joang.

C. *Gambaran Umum Gardu Induk Karang Joang*

Gardu Induk Karang Joang Balikpapan adalah salah satu Gardu Induk yang ada pada kelistrikan sistem Mahakam. Pada [Gambar 8](#) tampak bahwa Gardu Induk Karang Joang memiliki dua unit trafo daya di mana trafo 1 memiliki kapasitas sebesar 60 MVA dan trafo 2 memiliki kapasitas sebesar 30 MVA. Gardu induk Karang Joang memiliki enam *outgoing* penyulang 20 kV yaitu penyulang J1, J2, J3, J4, J5 dan J6, di mana penyulang J1, J2, J4, dan J5 mendapatkan sumber utama dari trafo daya 1 sedangkan untuk penyulang J3 dan J6 mendapatkan sumber utama dari trafo daya 2.



Gambar 8. Single line diagram Gardu Induk Karang Joang

Kemudian, data gangguan penyulang J4 sebelum dipasang perangkat *fusesaver* ditunjukkan dalam Tabel 2, dengan data trafo dan jumlah pelanggan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 2
DATA GANGGUAN PENYULANG J4 SEBELUM PEMASANGAN FUSESAYER

Bulan	Jumlah Gangguan (kali)	Durasi Gangguan (Jam)	Daya Gangguan (kW)	Jumlah Pelanggan Padam	Total Pelanggan
Januari	10	14.23	14.388	1770	2115
Februari	10	5.48	5.780	1250	2115
Maret	11	16.82	9.918	1423	2115
April	7	27.45	11.650	1876	2115
Mei	3	16.43	11.278	1835	2115
Juni	7	6.25	8.593	1536	2115
Juli	8	16.03	6.730	1647	2115
Agustus	4	15.47	9.620	1685	2115
September	6	4.20	1.095	1426	2115
Oktober	9	12.62	8.518	1574	2115
November	8	7.05	7.458	1315	2115
Desember	7	16.32	27.113	1952	2115

IV. DATA DAN ANALISA

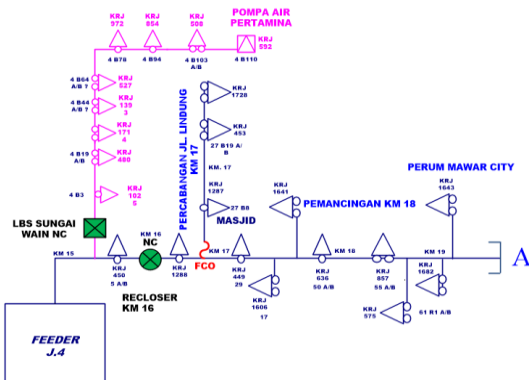
A. Data Lapangan

Data diperoleh dari PT PLN (Persero) Unit Pengatur dan Pelaksana Distribusi (UP2D) Wilayah Kaltimra. Di mana PT PLN tersebut khusus untuk mengatur kelistrikan pada sistem 20 kV yang berada di daerah Wilayah Kaltimra. Selanjutnya dari data yang diperoleh, dirangkum seperti pada tabel dan gambar berikut.

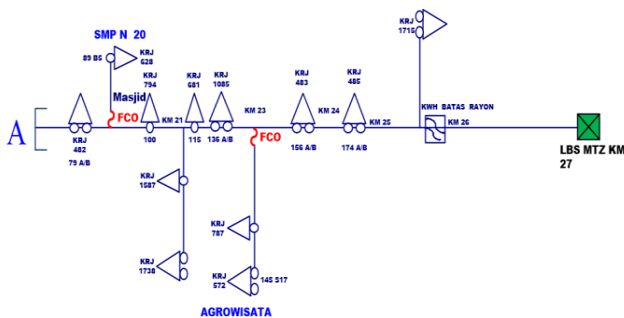
Gambar 9 dan Gambar 10 berturut-turut menunjukkan single line diagram penyulang J4-01 dan J4-02 sebelum dilakukan pemasangan *fuse saver*.

TABEL 3
DATA PELANGGAN PENYULANG J4 SEBELUM PEMASANGAN FUSESAYER

No	Feeder	Gardu Induk	Gardu		Trafo (kVa) Kap	Jumlah Pelanggan
			Kode	Nomor		
1	J4	Krg Joang	KRJ	1025	50	17
2	J4	Krg Joang	KRJ	480	160	171
3	J4	Krg Joang	KRJ	1714	100	45
4	J4	Krg Joang	KRJ	1393	100	34
5	J4	Krg Joang	KRJ	527	50	25
6	J4	Krg Joang	KRJ	972	25	19
7	J4	Krg Joang	KRJ	854	25	2
8	J4	Krg Joang	KRJ	508	50	63
9	J4	Krg Joang	KRJ	592	1000	2
10	J4	Krg Joang	KRJ	450	50	45
11	J4	Krg Joang	KRJ	1288	100	17
12	J4	Krg Joang	KRJ	1287	100	11
13	J4	Krg Joang	KRJ	453	200	315
14	J4	Krg Joang	KRJ	1728	100	35
15	J4	Krg Joang	KRJ	449	100	148
16	J4	Krg Joang	KRJ	1666	100	58
17	J4	Krg Joang	KRJ	1641	100	50
18	J4	Krg Joang	KRJ	636	100	77
19	J4	Krg Joang	KRJ	857	100	7
20	J4	Krg Joang	KRJ	575	200	2
21	J4	Krg Joang	KRJ	1682	100	1
22	J4	Krg Joang	KRJ	1643	100	32
23	J4	Krg Joang	KRJ	482	160	231
24	J4	Krg Joang	KRJ	628	25	10
25	J4	Krg Joang	KRJ	794	25	3
26	J4	Krg Joang	KRJ	1587	50	76
27	J4	Krg Joang	KRJ	1738	100	56
28	J4	Krg Joang	KRJ	681	100	136
29	J4	Krg Joang	KRJ	1085	100	35
30	J4	Krg Joang	KRJ	787	25	21
31	J4	Krg Joang	KRJ	572	50	76
32	J4	Krg Joang	KRJ	483	100	155
33	J4	Krg Joang	KRJ	485	100	105
34	J4	Krg Joang	KRJ	1715	200	35
Total					4045	2115



Gambar 9. Single line diagram penyulang J4-01 sebelum dipasang *fusesaver*



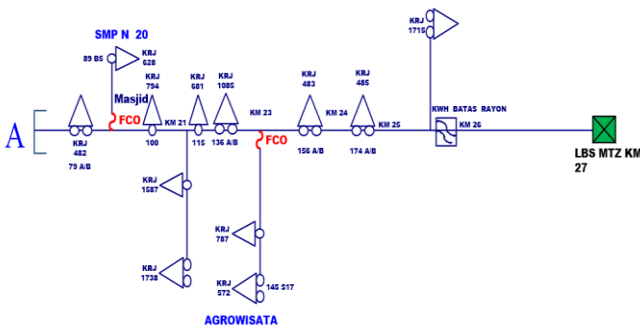
Gambar 10. Single line diagram penyulang J4-02 sebelum dipasang *fusesaver*

Setelah dilakukan pemasangan *fusesaver*, single line diagram penyulang J4-01 dan J4-02 berturut-turut ditunjukkan dalam Gambar 11 dan Gambar 12.

TABEL 5
DATA PELANGGAN PENYULANG J4 SETELAH PEMASANGAN FUSESAYER

No	Feeder	Gardu Induk	Kode	Gardu	Trafo (kVa)	Jumlah Pelanggan
			Kode	Nomor	Kap	
1	J4	Krg Joang	KRJ	1025	50	25
2	J4	Krg Joang	KRJ	480	160	176
3	J4	Krg Joang	KRJ	1714	100	49
4	J4	Krg Joang	KRJ	1393	100	38
5	J4	Krg Joang	KRJ	527	50	30
6	J4	Krg Joang	KRJ	972	25	27
7	J4	Krg Joang	KRJ	854	25	2
8	J4	Krg Joang	KRJ	508	50	65
9	J4	Krg Joang	KRJ	592	1000	2
10	J4	Krg Joang	KRJ	450	50	55
11	J4	Krg Joang	KRJ	1805	100	15
12	J4	Krg Joang	KRJ	1288	100	28
13	J4	Krg Joang	KRJ	1287	100	19
14	J4	Krg Joang	KRJ	453	200	325
15	J4	Krg Joang	KRJ	1728	100	40
16	J4	Krg Joang	KRJ	449	100	158
17	J4	Krg Joang	KRJ	1606	100	59
18	J4	Krg Joang	KRJ	1641	100	63
19	J4	Krg Joang	KRJ	636	100	80
20	J4	Krg Joang	KRJ	1756	100	63
21	J4	Krg Joang	KRJ	857	100	35
22	J4	Krg Joang	KRJ	575	200	22
23	J4	Krg Joang	KRJ	1822	100	46
24	J4	Krg Joang	KRJ	1682	100	27
25	J4	Krg Joang	KRJ	1643	100	53
26	J4	Krg Joang	KRJ	482	160	236
27	J4	Krg Joang	KRJ	628	25	10
28	J4	Krg Joang	KRJ	794	25	7
29	J4	Krg Joang	KRJ	1587	50	79
30	J4	Krg Joang	KRJ	1738	100	61
31	J4	Krg Joang	KRJ	681	100	136
32	J4	Krg Joang	KRJ	1085	100	47
33	J4	Krg Joang	KRJ	1823	50	21
34	J4	Krg Joang	KRJ	787	25	25
35	J4	Krg Joang	KRJ	572	50	86
36	J4	Krg Joang	KRJ	1821	50	14
37	J4	Krg Joang	KRJ	483	100	155
38	J4	Krg Joang	KRJ	485	100	106
39	J4	Krg Joang	KRJ	1828	50	15
40	J4	Krg Joang	KRJ	1715	200	35
41	J4	Krg Joang	KRJ	1757	50	10
Total					4520	2545

Gambar 11. Single line diagram penyulang J4-01 setelah dipasang fusesaver



Gambar 12. Single line diagram penyulang J4-02 setelah dipasang fusesaver

Kemudian, data gangguan penyulang J4 setelah dipasang perangkat fusesaver ditunjukkan dalam Tabel 4, dengan data trafo dan jumlah pelanggan seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

TABEL 4
DATA GANGGUAN PENYULANG J4 SETELAH PEMASANGAN FUSESAYER

Bulan	Jumlah Gangguan (kali)	Durasi Gangguan (Jam)	Daya Gangguan (kW)	Jumlah Pelanggan Padam	Total Pelanggan
Januari	7	33.5	8.366	1235	2545
Februari	7	7.35	7.366	1130	2545
Maret	12	10.85	5.485	1231	2545
April	7	0.23	213	1310	2545
Mei	9	6.03	2.850	1026	2545
Juni	6	0.95	380	1210	2545
Juli	2	4.15	156	980	2545
Agustus	4	2.83	843	1006	2545
September	4	3.35	6.030	957	2545
Oktober	3	6.78	8.640	1224	2545
November	2	2.22	1.823	996	2545
Desember	2	0.32	1.013	1100	2545

B. Hasil Penghitungan Nilai SAIDI dan SAIFI Sebelum Pemasangan Fusesaver

Hasil perhitungan SAIDI dan SAIFI pada penyulang J4 sebelum dilakukan pemasangan fusesaver, berturut-turut ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

TABEL 6
PENGHITUNGAN NILAI SAIDI SEBELUM PEMASANGAN FUSESAYER

Bulan	Nilai SAIDI
Januari	11.90879433 (jam/bulan)
Februari	3.238770686 (jam/bulan)
Maret	11.31671868 (jam/bulan)
April	24.34808511 (jam/bulan)
Mei	14.25486998 (jam/bulan)
Juni	4.539007092 (jam/bulan)
Juli	12.48293617 (jam/bulan)
Agustus	12.32479905 (jam/bulan)
September	2.83177305 (jam/bulan)
Oktober	9.391905437 (jam/bulan)
November	4.38333333 (jam/bulan)
Desember	15.06224113 (jam/bulan)
1 Tahun	10.5069317 (jam/bulan)

TABEL 7
PENGHITUNGAN NILAI SAIFI SEBELUM PEMASANGAN FUSESAYER

Bulan	Nilai SAIFI
Januari	8.368794326 (kali/bulan)
Februari	5.910165485 (kali/bulan)
Maret	7.400945626 (kali/bulan)
April	6.208983452 (kali/bulan)
Mei	2.602836879 (kali/bulan)
Juni	5.083687943 (kali/bulan)
Juli	6.229787234 (kali/bulan)
Agustus	3.186761229 (kali/bulan)
September	4.045390071 (kali/bulan)
Oktober	6.69787234 (kali/bulan)
November	4.973995272 (kali/bulan)
Desember	6.460520095 (kali/bulan)
1 Tahun	5.597478329 (kali/tahun)

C. Hasil Penghitungan Nilai SAIDI dan SAIFI Setelah Pemasangan Fusesaver

Hasil perhitungan SAIDI dan SAIFI pada penyulang J4 setelah dilakukan pemasangan fusesaver, berturut-turut ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

TABEL 8
PENGHITUNGAN NILAI SAIDI SETELAH PEMASANGAN FUSESAYER

Bulan	Nilai SAIDI
Januari	16.25638507 (jam/bulan)
Februari	3.26345776 (jam/bulan)
Maret	5.248074656 (jam/bulan)
April	0.118388998 (jam/bulan)
Mei	2.430954813 (jam/bulan)
Juni	0.451669941 (jam/bulan)
Juli	1.598035363 (jam/bulan)
Agustus	1.118656189 (jam/bulan)
September	1.259705305 (jam/bulan)
Oktober	3.260793713 (jam/bulan)
November	0.86880943 (jam/bulan)
Desember	0.138310413 (jam/bulan)
1 Tahun	3.001103471 (jam/tahun)

TABEL 9
PENGHITUNGAN NILAI SAIFI SETELAH PEMASANGAN FUSESAYER

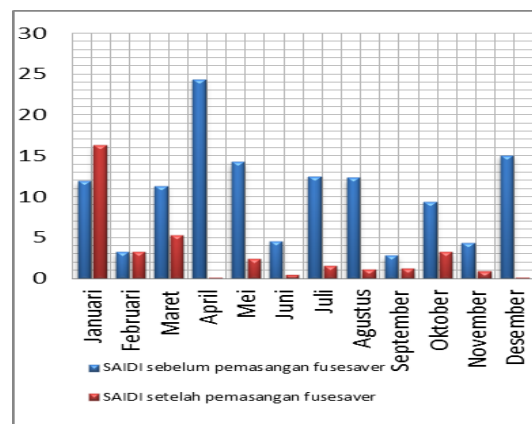
Bulan	Nilai SAIFI
Januari	3.396856582 (kali/bulan)
Februari	3.10805501 (kali/bulan)
Maret	5.8043222 (kali/bulan)
April	3.603143418 (kali/bulan)
Mei	3.628290766 (kali/bulan)
Juni	2.852652259 (kali/bulan)
Juli	0.770137525 (kali/bulan)
Agustus	1.581139489 (kali/bulan)
September	1.504125737 (kali/bulan)
Oktober	1.442829077 (kali/bulan)
November	0.782711198 (kali/bulan)
Desember	0.864440079 (kali/bulan)
1 Tahun	2.444891945 (kali/tahun)

D. Perbandingan Nilai SAIDI dan SAIFI Sebelum dan Sesudah Pemasangan Fusesaver

Perbandingan hasil perhitungan SAIDI pada penyulang J4 sebelum dan setelah dilakukan pemasangan fusesaver, ditunjukkan pada Tabel 10. Dari Tabel 10 tersebut dapat dibuat grafik perbandingan seperti pada Gambar 13.

TABEL 10
PERBANDINGAN NILAI SAIDI SEBELUM DAN SESUDAH PEMASANGAN FUSESAYER

Bulan	SAIDI sebelum pemasangan Fusesaver	SAIDI setelah pemasangan Fusesaver	Presentase keandalan
Januari	11.9087943	16.25638507	-36.51%
Februari	3.23877068	3.26345776	-0.76%
Maret	11.3167186	5.248074656	53.63%
April	24.3480851	0.118388998	99.51%
Mei	14.2548699	2.430954813	82.95%
Juni	4.53900709	0.451669941	90.05%
Juli	12.4829361	1.598035363	87.20%
Agustus	12.3247990	1.118656189	90.92%
September	2.83177305	1.259705305	55.52%
Oktober	9.39190543	3.260793713	65.28%
November	4.38333333	0.86880943	80.18%
Desember	15.0624113	0.138310413	99.08%

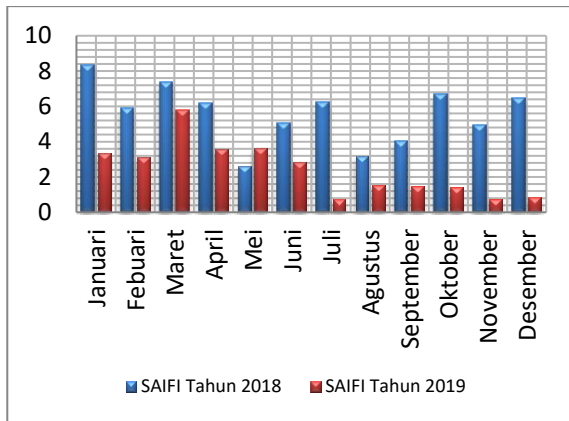


Gambar 13. Grafik perbandingan nilai SAIDI

Untuk perbandingan hasil perhitungan SAIDI pada penyulang J4 sebelum dan setelah dilakukan pemasangan fusesaver, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 11, yang grafik perbandingannya ditunjukkan pada Gambar 14.

TABEL 11
PERBANDINGAN NILAI SAIFI SEBELUM DAN SESUDAH PEMASANGAN FUSESAYER

Bulan	SAIFI sebelum pemasangan Fusesaver	SAIFI setelah pemasangan Fusesaver	Presentase keandalan
Januari	11.9087943	16.25638507	-36.51%
Februari	3.23877068	3.26345776	-0.76%
Maret	11.3167186	5.248074656	53.63%
April	24.3480851	0.118388998	99.51%
Mei	14.2548699	2.430954813	82.95%
Juni	4.53900709	0.451669941	90.05%
Juli	12.4829361	1.598035363	87.20%
Agustus	12.3247990	1.118656189	90.92%
September	2.83177305	1.259705305	55.52%
Oktober	9.39190543	3.260793713	65.28%
November	4.38333333	0.86880943	80.18%
Desember	15.0624113	0.138310413	99.08%



Gambar 14. Grafik perbandingan nilai SAIFI

Selanjutnya, jika dibandingkan dengan SPLN 68-2:1986, hasil perbandingan nilai SAIDI dan SAIFI ditunjukkan pada [Tabel 12](#).

TABEL 12
PERBANDINGAN NILAI SAIDI DAN NILAI SAIFI DENGAN SPLN 68-2: 1986

Waktu	Nilai SAIDI Sebelum Pemasangan Fusesaver (jam/bulan)	Nilai SAIDI Setelah Pemasangan Fusesaver (jam/bulan)	SPLN 68-2 :1986 (jam/tahun)
1 Tahun	10.50693617	3.001103471	21
Waktu	Nilai SAIFI Sebelum Pemasangan Fusesaver (kali/bulan)	Nilai SAIFI Setelah Pemasangan Fusesaver (kali/bulan)	SPLN 68-2 :1986 (kali/tahun)
1 Tahun	5.597478329	2.444891945	3.2

Kemudian, jika dibandingkan dengan standar *world class service* (WCS), hasil perbandingan nilai SAIDI dan SAIFI ditunjukkan pada [Tabel 13](#).

TABEL 13
PERBANDINGAN NILAI SAIDI DAN NILAI SAIFI DENGAN *WORLD CLASS SERVICE*

Waktu	Nilai SAIDI Sebelum Pemasangan Fusesaver (jam/bulan)	Nilai SAIDI Setelah Pemasangan Fusesaver (jam/bulan)	WCS (<i>World Class Service</i>) (jam/tahun)
1 Tahun	10.50693617	3.001103471	1.666
Waktu	Nilai SAIFI Sebelum Pemasangan Fusesaver (kali/bulan)	Nilai SAIFI Setelah Pemasangan Fusesaver (kali/bulan)	WCS (<i>World Class Service</i>) (kali/tahun)
1 Tahun	5.597478329	2.444891945	3

Untuk nilai SAIDI penyulang J4 sebelum pemasangan fusesaver pada [Tabel 6](#) didapatkan nilai SAIDI tertinggi pada bulan April sebesar 24.34808511 (jam/bulan), sedangkan untuk nilai SAIDI bulan April setelah pemasangan *fusesaver* didapatkan nilai lebih rendah yaitu sebesar 0.118388998 (jam/bulan). Untuk nilai SAIFI penyulang J4 pada [Tabel 7](#) sebelum pemasangan *fusesaver* didapatkan nilai SAIFI tertinggi pada bulan Januari sebesar 8.368794326 (kali/bulan), sedangkan untuk nilai SAIFI bulan Januari setelah pemasangan *fusesaver* didapatkan nilai yang lebih rendah yaitu sebesar 3.396856582 (kali/bulan). Nilai SAIDI dan nilai SAIFI didapatkan hasil yang lebih rendah setelah pemasangan alat pengaman *fusesaver* karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi dari nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI yaitu:

1. Kondisi operasi, adalah keadaan lingkungan kerja dari suatu jaringan distribusi seperti pengaruh suhu, kelembaban udara, pengaruh alam, pengaruh binatang dan pengaruh dari manusia.
2. Fungsi, adalah keandalan suatu komponen (alat pengaman dan komponen-komponen penyusun sistem distribusi) pada jaringan distribusi dalam melakukan fungsinya secara baik dengan jangka waktu tertentu.
3. Waktu, adalah berapa lama durasi waktu suatu saluran dapat bekerja dengan baik dan berapa lama durasi waktu yang dibutuhkan untuk mengatasi gangguan sesuai dengan fungsinya.
4. Jumlah pelanggan, adalah berapa jumlah pelanggan yang terlayani dan berapa jumlah pelanggan yang tidak terlayani saat terjadi gangguan dalam suatu sistem.

Dalam sistem distribusi penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan menggunakan jenis kabel AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) atau kabel yang tidak memiliki pelindung, dengan keadaan lingkungan yang banyak dengan pepohonan dan binatang sehingga sering mengakibatkan gangguan, gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat.

Ketika penyulang J4 menggunakan alat pengaman load break switch (LBS) pada saat terjadi gangguan hubung singkat baik satu fasa, dua fasa dan tiga fasa, maka alat pengaman *load break switch* (LBS) tidak dapat menghilangkan gangguan tersebut secara langsung karena *load break switch* (LBS) hanya berfungsi sebagai saklar pemisah tidak sebagai alat pengaman pada saat terjadi gangguan. Karena tidak dapat menghilangkan gangguan secara langsung sehingga gangguan yang terjadi akan berpengaruh ke seluruh sistem yang mengakibatkan peningkatan nilai SAIDI (durasi waktu pemadaman sistem menjadi lama) dan Nilai SAIFI (jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman meningkat).

Sedangkan ketika penyulang J4 menggunakan alat pengaman *fusesaver* pada saat terjadi gangguan hubung singkat baik satu fasa, dua fasa dan tiga fasa, maka alat pengaman *fusesaver* secara langsung dapat menghilangkan gangguan tersebut. Karena pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu

fasa *fusesaver* dapat disetting bekerja hanya satu fasa yang mengalami gangguan sedangkan untuk dua fasa lainnya tidak mengalami gangguan. Selain itu, pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa *fusesaver* juga dapat disetting bekerja tiga fasa bersamaan dalam memproteksi gangguan. Sehingga dengan pemasangan alat pengaman *fusesaver* dapat mengurangi nilai SAIDI dari sebelum pemasangan *fusesaver* sebesar 10.50693617 (jam/tahun) menjadi 3.001103471 (jam/tahun) setelah pemasangan *fusesaver*. dan mengurangi nilai SAIFI dari sebelum pemasangan *fusesaver* sebesar 5.597478329 (kali/tahun) menjadi 2.444891945 (kali/tahun) setelah pemasangan *fusesaver*.

Dengan pemasangan *fusesaver* dapat meningkatkan presentase keandalan nilai SAIDI sebesar 71.44% dan meningkatkan presentase keandalan nilai SAIFI sebesar 56.32 % pada penyulang J4.

Hasil perbandingan nilai SAIDI dengan nilai SAIDI SPLN 68-2:1986 sebesar 21 (jam/tahun), maka untuk nilai SAIDI sebelum pemasangan *fusesaver* memiliki nilai SAIDI sebesar 10.50693617 (jam/tahun) dapat dikatakan handal karena memiliki nilai SAIDI dibawah dari SPLN 68-2:1986. Sedangkan untuk nilai SAIDI setelah pemasangan *fusesaver* memiliki nilai SAIDI sebesar 3.001103471 (jam/tahun) dapat dikatakan lebih handal karena memiliki nilai SAIDI dibawah dari SPLN 68-2:1986 dan dibawah nilai sebelum pemasangan *fusesaver*.

Untuk nilai SAIFI sebelum pemasangan *fusesaver* memiliki nilai SAIFI sebesar 5.597478329 (kali/tahun) nilai tersebut dapat dikatakan tidak handal karena memiliki nilai di atas dari SPLN 68-2:1986 yaitu sebesar 3.2 (kali/tahun). Sedangkan untuk nilai SAIFI sebelum pemasangan *fusesaver* didapatkan nilai sebesar 2.444891945 (kali/tahun) dengan nilai tersebut maka setelah pemasangan *fusesaver* dapat dikatakan handal karena memiliki nilai di bawah dari SPLN 68-2:1986.

Maka setelah dilakukan pemasangan *fusesaver*, dengan perbandingan nilai SAIDI dan nilai SAIFI dengan SPLN 68-2:1986, didapatkan nilai yang lebih rendah sehingga dapat dikatakan lebih handal dan dapat mengurangi dari nilai SAIDI dan nilai SAIFI dari penyulang J4 Gardu induk Karang Joang Balikpapan.

Hasil perbandingan nilai SAIDI dengan nilai SAIDI *world class service* (WCS) sebesar 1.666 (jam/tahun), maka untuk nilai SAIDI sebelum pemasangan *fusesaver* memiliki nilai SAIDI sebesar 10.50693617 (jam/tahun) dapat dikatakan tidak handal karena memiliki nilai SAIDI diatas dari *world class service* (WCS). Sedangkan untuk nilai SAIDI setelah pemasangan *fusesaver* memiliki nilai SAIDI sebesar 3.001103471 (jam/tahun). dapat dikatakan tidak handal karena memiliki nilai SAIDI diatas dari *world class service* (WCS), tetapi dengan dipasangnya *fusesaver* dapat mengurangi dari nilai SAIDI sebelum pemasangan *fusesaver*.

Untuk nilai SAIFI sebelum pemasangan *fusesaver* memiliki nilai SAIFI sebesar 5.597478329 (kali/tahun) nilai tersebut dapat dikatakan tidak handal karena memiliki nilai diatas dari *world class service* (WCS) yaitu sebesar 3 (kali/tahun). Sedangkan untuk nilai SAIFI sebelum pemasangan *fusesaver* didapatkan nilai SAIDI sebesar 2.444891945 (kali/tahun) dengan nilai tersebut maka setelah

pemasangan *fusesaver* dapat dikatakan handal karena memiliki nilai di bawah dari *world class service* (WCS).

Maka setelah dilakukan pemasangan *fusesaver*, dengan perbandingan nilai SAIDI dengan *world class service* (WCS) dapat dikatakan belum handal. Sedangkan untuk nilai SAIFI didapatkan nilai yang lebih rendah dari *world class service* (WCS) sehingga dapat dikatakan lebih handal dan nilai SAIFI dari penyulang J4 Gardu induk Karang Joang Balikpapan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penghitungan dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemasangan *fusesaver* dapat meningkatkan kualitas pelayanan khususnya pada penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan, hal ini dilihat dari hasil penghitungan sebelum pemasangan *fusesaver* pelanggan penyulang J4 mengalami pemadaman sebesar 5.597478329 (kali/tahun) dan lama padam sebesar 10.50693617 (jam/tahun) dan setelah pemasangan *fusesaver* pelanggan penyulang J4 mengalami pemadaman sebesar 2.444891945 (kali/tahun) dan lama padam sebesar 3.001103471 (jam/tahun) sehingga dengan pemasangan *fusesaver* dapat berpengaruh terhadap keandalan pada penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan.
2. Nilai SAIDI sebelum pemasangan *fusesaver* dan setelah pemasangan *fusesaver* masih memenuhi standar nilai yang telah ditentukan oleh PT PLN (Persero) yaitu sebesar 21 (jam/tahun), standar nilai SAIFI sebesar 3.2 (kali/tahun) yang digunakan oleh PT PLN (Persero) dalam hal pelayanan yaitu Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN 68-2:1986) menunjukkan bahwa sebelum pemasangan *fusesaver* memiliki nilai SAIFI sebesar 5.597478329 (kali/tahun) belum memenuhi standar nilai SAIFI. Sedangkan untuk nilai SAIFI setelah pemasangan *fusesaver* masih memenuhi standar nilai SAIFI, sehingga dapat dikatakan bahwa setelah pemasangan *fusesaver* pada penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan menjadi lebih handal.
3. Nilai SAIDI sebelum pemasangan *fusesaver* dan setelah pemasangan *fusesaver* belum memenuhi standar nilai yang telah ditentukan oleh PT PLN (Persero) yaitu sebesar 1.666 (jam/tahun) sehingga untuk nilai SAIDI belum handal, standar nilai SAIFI sebesar 3 (kali/tahun) yang digunakan oleh PT PLN (Persero) dalam hal pelayanan yaitu *world class service* (WCS) menunjukkan bahwa sebelum pemasangan *fusesaver* memiliki nilai SAIFI sebesar 5.597478329 (kali/tahun) belum memenuhi standar nilai SAIFI. Sedangkan untuk nilai SAIFI setelah pemasangan *fusesaver* masih memenuhi standar nilai SAIFI, sehingga dapat dikatakan bahwa setelah pemasangan *fusesaver* nilai SAIFI lebih handal.

B. Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Pemasangan *fusesaver* dapat diterapkan pada semua sistem distribusi 20 kV wilayah kaltimara yang memiliki jaringan percabangan panjang. *Fusesaver* dipasang pada titik percabangan zona satu sehingga gangguan yang terjadi pada daerah ini tidak akan memberikan dampak pada sistem distribusi yang lain.
2. Karena *fusesaver* alat baru sebaiknya perlu dilakukan publikasi ke mahasiswa khususnya teknik elektro mengenai alat *fusesaver* sehingga dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai inovasi-inovasi terbaru dalam peralatan proteksi jaringan distribusi 20 kV.
3. *Fusesaver* dapat digunakan sebagai materi untuk tugas akhir maupun skripsi dengan menentukan *setting* proteksi terhadap gangguan dan penempatan titik *fusesaver* yang tepat.

REFERENSI

- [1] M. N. Haq, *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di Gardu Induk Batang*, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Agustus, 2016.
- [2] *Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 59, Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1985.
- [3] D. Suswanto, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, 1st ed., Buku teks, Universitas Negeri Padang, 2009.
- [4] R. T. Jones, *Analisa Gangguan SUTM SAIDI SAIFI dan Dampaknya Terhadap Keandalan PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung*, Tugas Akhir, Politeknik Negeri Padang, Oktober, 2017.
- [5] Karyana, *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali*, PT. PLN (Persero), Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa-Bali, Jakarta, 2013.
- [6] A. Putra and Firdaus, "Analisa penggunaan recloser untuk pengamanan arus lebih pada jaringan distribusi 20 kV gardu induk Garuda Sakti," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 1, pp. 1-10, Februari 2017.
- [7] Siemens, *Fusesaver Medium Voltage Circuit Breaker Instruction Manual*. Arkansas, Amerika Serikat: Siemens Industry Inc., 2017.
- [8] Siemens, *Siemens Fusesaver and Remote Control Unit 3AD8*. Berlin, Germany: Siemens AG, 2015.
- [9] N. I. Arifani and H. Winarno, "Analisis nilai indeks keandalan sistem jaringan distribusi udara 20 kV pada penyulang Pandean Lamper 1,5,8,9,10 di GI Pandean Lamper," in *Gema Teknologi*, vol. 17, no. 3, April, 2013.
- [10] N. M. Z. Rochman, *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV menggunakan Metode Reliability Indeks Assessment Pada Penyulang KTN 4 Gardu Induk Kentungan*, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [11] J. Welch, *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reability Indices*, Electrical and Electronic Engineers, Inc, New York, Reability Report IEEE Std 1366-2003, 2008.
- [12] R. Ramadhan, S. Hani, and Mujiman, "Analisis keandalan sistem distribusi tenaga listrik di PT PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Kentungan," *Jurnal Elektrikal*, vol. 5, no. 2, Desember 2018.
- [13] *Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 68-2 1986, Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua: Sistem Distribusi*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1986.